



EESTI MAAÜLIKOOL  
Metsandus- ja maaehitusinstituut

**Kaspar Luik**

**HARVENDUSRAIEGA MÕJUTATUD MÄNNIKUTE  
SEISUNDI HINDAMINE RIIGI- JA ERAMETSAS**

CONDITION OF POST-THINNED PINE STANDS IN STATE  
AND PRIVATE FORESTS

Magistritöö  
Metsamajanduse õppekava

Juhendaja: professor Henn Korjus, PhD

Tartu 2018

Eesti Maaülikool		Magistritöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Autor: Kaspar Luik		Õppekava: Metsamajandus	
Pealkiri: Harvendusraiega mõjutatud männikute seisundi hindamine riigi- ja erametsas			
Lehekülgi: 40	Jooniseid: 14	Tabeleid: 6	Lisasid: -
Osakond/Õppetool:		Metsakorralduse ja metsatööstuse õppetool	
ETIS-e teadusvaldkond ja CERC S-i kood:		B430 Metsakasvatus, metsandus, metsandustehnoloogia	
Juhendaja:		Professor Henn Korjus	
Kaitsmiskoht ja aasta:		Tartu, 2018	
<p>Käesolevas magistritöös uuriti harvendusraiega mõjutatud viljakate kasvukohatüüpide männikute seisundit nii riigi- kui erametsas. Töös käsitletud proovialadel on harvendusraie teostatud 6-7 aastat tagasi. Harvendusraie eesmärk on parandada puistus valgus- ja kasvutingimusi, sanitaarset seisundit ning kujundada puistu lõplik struktuur, millega suurendatakse lõppraiesse mineva puistu kvaliteet ja väärtus.</p> <p>Töös uuris autor 9 prooviala riigimetsas ning 7 prooviala erametsas. Proovialad asusid Tartu- ja Põlvamaal. Proovialade kogupindala oli 8,002 hektarit. Kokku leidis autor proovialadelt 350 kahjustusega või surnud puud, mis teeb keskmiselt hektari kohta 43 surnud/kahjustatud puud. Riigimetsas moodustasid surnud/kahjustatud puud 6,51% ning erametsas 9,43% rinnaspindalast.</p> <p>Leitud vigastustest moodustasid 45% mehaanilise vigastusega puud. Märkimisväärne oli ka kuivanud puude hulk, mis moodustas 28% kõikidest vigastatud või surnud puudest.</p>			
Märksõnad: harvendusraie, riigimets, eramets			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Master’s Thesis	
Author: Kaspar Luik		Speciality: Forest Management	
Title: Condition of post-thinned pine stands in state and private forests			
Pages: 40	Figures: 14	Tables: 6	Appendixes: -
Department:		Chair of Forest Management Planning and Wood Proceccing Technologies	
Field of research and (CERC S) code:		B430 Silvyculture, forestry, forestry technology	
Supervisor:		Professor Henn Korjus	
Place and date:		Tartu, 2018	
<p>In this thesis the condition of post-thinned pine forests in both state and private forest has been studied. On the sample plots commercial thinning was done 6-7 years ago. The purpose of thinning is to improve light, growth and sanitary conditions and to design stand composition. Thinning increases the quality and value of the stand which goes to clearcutting.</p> <p>Author studied 9 plots in state forest and 7 plots in private forest. Sample areas are located in Tartu and Põlva county and the total area of the plots is 8.002 ha. Author found a total of 350 dead or damaged individual trees, which makes it in average 43 dead/damaged trees per ha. In state forest, dead or damaged trees form 6.51% of total basal area and in private forest that indicator is 9.43%.</p> <p>45% of all individual damaged or dead trees were mechanically damaged and 28% were dried trees.</p>			
Keywords: commercial thinning, state forest, private forest			

# SISUKORD

SISSEJUHATUS .....	6
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE .....	8
1.1. Männikud ja metsakahjustused .....	8
1.2. Hooldusraied männikutes .....	9
1.3. Hea metsamajandamise tava .....	12
1.4. Harvendusraied Põlva- ja Tartumaal .....	13
2. MATERJAL JA METOODIKA .....	15
2.1. Riigimetsas asuvad proovialad .....	15
2.2. Erametsas asuvad proovialad .....	16
2.3. Välitööde metoodika .....	18
2.4. Andmete analüüs .....	18
3. TULEMUSED .....	19
3.1. Häiringupuud riigimetsas .....	19
3.1.1. Männi häiringupuud .....	20
3.1.2. Kuuse häiringupuud .....	22
3.2. Häiringupuud erametsas .....	23
3.2.1. Männi häiringupuud .....	23
3.2.2. Kuuse häiringupuud .....	25
3.3. Häiringupuude võrdlus erametsas ja riigimetsas. ....	26
3.3.1. Männi häiringupuud .....	27
3.3.2. Surnud mändide osakaal .....	29
3.3.3. Kahjustatud mändide osakaal .....	30
3.3.4. Kuuskede häiringupuud .....	30
3.3.5. Surnud kuuskede osakaal riigi- ja erametsas .....	31
3.3.6. Kahjustatud kuuskede osakaal riigi- ja erametsas .....	31

3.4. Häiringupuude jaotumine seisundi või kahjustuse järgi .....	32
4. ARUTELU .....	34
KOKKUVÕTE .....	36
KASUTATUD KIRJANDUS .....	38

## SISSEJUHATUS

Eestis on metsamaad 2,31 miljonit hektarit, mis on 51,0% Eesti maismaa pindalast. Metsamaast moodustavad männikud 31,8%, kaasikud 29,5% ja kuusikud 18,5%. Ülejäänud metsamaa on kas metsata või teiste puuliikide puistutega. (Keskkonnaagentuur 2016)

Harvendusraietega kujundatakse puistu koosseisu, suurendatakse vastupidavust erinevatele riskifaktoritele ja mõjutatakse tema poolt pakutavaid ökosüsteemiteenuseid soovitud suunas (Rio jt 2017). Reeglina tehakse Eestis harvendusraieid alameetodil, mis tähendab kasvus allajäänud, vigastatud, haigete ning surnud puude väljaraiumist. Harvendusraiete peamiseks eesmärgiks on puistusse allesjäävate puude valgus- ja toitumistingimuste parandamine (Laas 2011a).

Harvendusraiete kvaliteeti ja efektiivsust hinnatakse metsamajanduse praktikas tavaliselt kohe peale raie toimumist. Samas avalduvad raie mõjud puude kasvule ja varjatud kahjustused alles mõne aasta jooksul peale harvendusraie toimumist. Üldjuhul inventeeritakse eraldi harvendusraie eelselt ja harvendusraie järgselt eraldise takseerandmeid ei uuendata. Huvi eraldise uuesti kirjeldamiseks tekib alles siis, kui takseerandmed aeguvad, s. o. kuni kümme aastat pärast harvendusraie toimumist. Siin tekib oluline ajaline paus eraldise jälgimisel ja majandamisel, mis võib viia ebasoovitavate protsessideni (puude suremine, kahjustuse levimine) harvendusraie järgse puistu arengus ja metsamajandaja sekkumine võib hilineda. Seetõttu on otstarbekas hinnata harvendusraie tulemusi 4-6 aastat peale raie toimumist ja koostada eraldisele ka uus takseerikirjeldus.

Magistritöös uurib autor harvendusraiete tulemusi ja kvaliteeti viljakate kasvukohatüüpide männikutes nii riigi- kui ka erametsas. Töös uuritud proovialadel on harvendusraie teostatud 6-7 aastat tagasi. Vastuseid otsitakse küsimustele:

- Kui suur osa puudest on surnud ning kui suur osa erinevate vigastustega?
- Millist tüüpi kahjustused puistus domineerivad?
- Kas riigi- ja erametsas on harvendusraie järgselt surnud ja kahjustatud puude osakaal erinev?

Surnud ja kahjustatud puid nimetatakse magistritöös ühise nimetusega häiringupuudeks. On ju harvendusraie puistu arengu seisukohalt inimtekkeline häiring ja tekkivad kahjustused ning puude suremine on tavaliselt sellise häiringu otsene tulemus. Sageli ei eristata magistritöös ka surnud puude seisundit ja kahjustatud puude kahjustuse põhjust omaette kategooriatesse, kuna kahjustusi ja puude suremist vaadeldakse ühe protsessi erinevate etappidena.

# 1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

## 1.1. Männikud ja metsakahjustused

Harilik mänd (*Pinus sylvestris*) ja harilik kuusk (*Picea abies*) on kaks peamist majandatavat okaspuuliiki Eestis (Tullus 2014). Kõige levinum puuliik on harilik mänd, kattes 34% metsamaast. Eesti männirikkamad piirkonnad on Kagu-Eesti, mandri loode- ja põhjaosa ning Lääne-Eesti saared (Sibul 2014).

Hariliku männi puistuid on Eestis 698,8 tuhat hektarit, mis on ligi kolmandik metsamaast. Hariliku männi tagavara on umbes 174 miljonit tihumeetrit. Keskmise männipuistute vanus on 73 aastat ning iga-aastane juurdekasv on ligikaudu 4,9 miljonit tihumeetrit. Eesti männikute keskmine hektaritagavara on  $250 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . Männikud moodustavad riigimetsade pindalast 42% ning erametsade pindalast 23,3%. Kõige suurem osa, 28% männikutes asub II boniteediklassis. Viimase 50 aasta jooksul on männipuistute osakaal meie metsades langenud ligi 10 protsenti. 46% Eesti männikutest kasvab palumetsade kasvukohatüübi rühmas, 16% kõdusoometsades, 15,6% laanemetsades ning 12,5% soometsades. 52% männikuid asub I ja II boniteediklassis. (Keskkonnaagentuur 2017)

Mände kahjustavad mitmed okka- ja võrsehaigused ning juure- ja tüvemädanikud. Levinumad okkahaigused mändidel on männi-pudetõbi, lumepudetõbi, punavöötaud ja valgevöötaud. Võrsehaigustest võib Eestis leida okaspuu-võrsevähki ja *Diplodia sapinea*. Seenhaigustest esineb Eestis juurepess, põleseen ja männitaelik. (Drenkhan 2014)

Lisaks haigustele kahjustavad Eesti mände veel erinevad putukad. Olulisimad juurekahjurid meil on harilik maipõrnikas, juunipõrnikas, naksurlased ja männitõusmeöölane. Tüvekeste kahjustajatest on meil levinumad harilik männikärsakas, väike männikärsakas, tähnikipihklane ning männi-juureürask. Okkakahjuritest elavad Eestis punakas männivaablane, harilik männivaablane, nõmme-võrgendivaablane, okkalainelane jt. Koos ja puidus elavatest putukatest esineb Eestis säsiüraskid, ladva-kooreürask, männi-kooreürask, hiidürask jt. (Voolma 2014)

Mänd on toiduks mitmetele ulukitele. Ulukikahjustused võivad muuta puistu liigilist koosseisu ning vähendada männipuidu kaubanduslikku väärtust. Lindudest sööb mulda



külvatud okaspuuseemneid ja noori taimi metsvint. Lisaks oli 1950. aastail EPA õppe- ja katsemajandi taimlas probleem rohevindiga, kes hävitas sealsed katmata okaspuukülvid. Imetajatest söövad noorte mändide võrseid ning okkaid põder, metskits ja punahirv. (Randveer 2014)

## **1.2. Hooldusraied männikutes**

Harilik mänd on valgusnõudlik puuliik ning ta kasvab seal, kus ta suudab viia oma võra metsa ülarindesse. Männikute rajamisel on oluline roll hooldus- ja uuendusraietel. Puhtmännikute saavutamiseks tuleb juba varajases eas ära raiuda mändide valguse eest varjajad. Rohkem tuleb seda teha viljakates kasvukohatüüpides. Võrreldes kuusikuga võib männikut kasvatada hõredamalt, kuid laasumiseks ei tohiks puistu liiga hõre olla. Männi okkad vajavad elutegevuseks vähemalt pool avatud koha valgustatusest. Tihedas kuusikus jõuab puude elusate võrade alla ainult paar protsenti päikesevalgusest, seega sobivad kuused männiga koos kasvama vaid siis, kui männid on kuuskedest kõrgemad. Kuused võivad edukalt kasvada männikute teises rindes või alusmetsana. Noorelt kasvavad männid kuuskedest kiiremini, niiviisi satuvad tihti kuused teise rindesse. Kuna kuuse kõrguskasv kestab eluea lõpuni, siis jõuab ta 70-80 aasta vanuselt männile järele. Mändidel on tugev, sügavale ulatuv juurestik, mis muudab nad üsna tormikindlaks. Lisaks vähendab sügav juurestik mändide põuakartlikkust. (Tullus 2014)

Hooldusraied jaotatakse kolmeks: valgustusraie, harvendusraie ja sanitaarraie. Hooldusraietega alustatakse juba väga varakult, umbes 10-aastases puistus, kus valgustusraie tehakse vähem kui kaheksa sentimeetrise tüveläbimõõduga puistutes. Siis on eesmärgiks puistu liigilise koosseisu kujundamine ning eesmärkpuuliikidele kasvu ja valgusruumi tekitamine (Laas 2011a). Hariliku männi jaoks on valgustusraied eriti olulised, kuna liigne lehtpuude esinemine kahjustab noorte mändide võrseid ning väga valgusnõudliku puuliigina võivad noored puud teiste puude varjus kuivada. Kuna Eestis ohustab noori mände ka põder, siis tasub osa lehtpuid alles jätta (Tullus 2014). Hooldusraied on metsakasvatusest seisukohast väga olulised, nendega kujundatakse puistu koosseis ning kvaliteet noorendikust kuni puistu küpseks saamiseni. Harvendusraietega soodustatakse eesmärkpuuliikide kasvutingimusi veelgi. Tavaliselt tehakse harvendusraieid alameetodil: raiutakse välja surnud, haigestunud, kiduramad,

kaheladvalised ja muud kasvukohale sobimatud puud. Sanitaarraie vajadus sõltub puistu seisukorrast. Kuna harvendusraiete käigus parandatakse niikuinii puistu tervislikku seisundit, siis sageli pole sanitaarraie vajadust üldse.

Lisaks eelnevale on hooldusraiete eesmärgiks veel:

1. Puistu majandusliku väärtuse tõstmine puistu küpseks saamiseni.
2. Saada metsast tulu juba enne puistu küpseks saamist.
3. Puistu tormikindlamaks muutmise.
4. Parandada keskkonnatingimusi järelkasvule.
5. Suurendada puistu vastupanuvõimet putukarüüstele ja haigustele. (Laas 2011a)

Metsad on maismaal väga olulised CO<sub>2</sub> siduvad ökosüsteemid. Puit seob kasvades oma biomassis atmosfäärset süsinikku. Boreaalsetes metsades on umbes 85% metsaökosüsteemi süsinikuvarust mullas ja kõdus ning umbes 15% on maapealses biomassis (Uri 2011). Lõuna-Euroopas tehtud uuringutes (Bravo-Oviedo jt 2015) selgus, et männikutes, kus on korduvalt tehtud mõõdukat harvendusraiet, langes metsaökosüsteemi süsiniku sisaldus 28%. Sellegipoolest ei muutunud harvendusraie tagajärjel süsiniku, lämmastiku ning rauaühendite kontsentratsioon pinnases.

Mändide puhul on hooldusraietel kasvama jäetavate puude valik olulisem kui teistel puuliikidel. See tuleneb mändide suurest looduslikust varieeruvusest. Männikute kasvatamisel peab arvestama majanduslikke iseärasusi. Ta annab nii ehitusmaterjali, latipuid kui ka paberipuud. Harvendusraie eesmärk on puistu koosseisu lõplik kujundamine ning haigestunud, tüveriketega ja halva kvaliteediga puude väljaraiumine. Harvendusraiet tehakse siis, kui puistu keskmine rinnasdiameeter on üle 8 cm (tavaliselt üle 20 aasta vanune puistu). Puistus tehakse harvendusraiet vähemalt 2 korda 10-15 aastase vahega (Laas 2011a). Erinevad harvendusraied muudavad puistu struktuuri, puude mõõtmeid, ning võivad mõjutada puistu kvaliteeti ning produktsiooni (Bergh jt 2014).

Liiga intensiivne harvendusraie võib avaldada negatiivset mõju puidu kvaliteedile ning märkimisväärselt vähendada raieringi jooksul saadavat puidu kogust. Saadava puidu koguse vähenemine on mõistlik siis, kui harvendusraie tulemusena suureneb märkimisväärselt lõppraiest saadavate puude rinnasdiameeter. Hiljutised uuringud on näidanud, et harvendusraie tulemusena väheneb puistu produktsioon pindalaühiku kohta 7-9%. Seda väidet toetavad ka teistest Skandinaavia riikidest saadud katsete tulemused. Võib

väita, et mõnikümmend aastat tagasi tehtud katsete tulemusi ei saa arvestada tänapäeva harvendusraiate kontekstis, kuna varasemalt olid harvendusraied vähem intensiivsemad ning neid tehti sagedamini. (Mäkinen, Isomäki 2004)

Harvendusraie tähtsus metsakasvatustlikust seisukohast:

1. Puude võrad hoitakse optimaalse pikkusega, millega suurendatakse tüvede jämeduskasvu.
2. Kui noores eas suurendada puude vahekaugusi, siis kujundab see tugevad võrad ja juurestiku, mis muudab puud vastupidavaks tuulele ja lumele.
3. Kui puistus tuleb hiljem kasutada turberaie, siis on hästi teostatud harvendusraie korral puud hiljem vastupidavamad tuulele ja lumele.
4. Seemnepuudele saab anda suurema kasvuruumi, mis hiljem annavad parema seemnesaagi.
5. Mõõduka liitusega võrastiku alla koguneb rohkem lund, mis ei lase maapinnal ära külmuda, mille tagajärjel kevadel sulab pinnas kiiremini ja sulavesi imbub maapinda kiiremini (Laas 2011a).

Harvendusraie vanuses on puud diferentseerunud, toimub looduslik laasumine ning kujuneb tüvi. 30 aasta vanustel mändidel on võra normaalseks pikkuseks 10-15 männast, 50-aastastel 20-25 männast. Kui varem pole hooldusraiet tehtud, siis tuleb esimesel harvendusraiel olla ettevaatlik lumemurru ja –vaalimise ohu tõttu. Puhtmännikus tehakse harvendusraiet alameetodil. Männi-kase segametsas tuleb vähendada kaskede osatähtsust, täiuse võib viia 60-70 protsendini. Kase võiks jätta võimalikult grupiti ning männiga sama kõrgeks. Viljakate kasvukohtade männikutes peaks harvendusraiate kordusperiood jääma 10-15 aasta piiresse, kehvemates kasvukohtades võib see periood olla pikem. Esimene harvendusraie paarikümneaastases männipuistus ei pruugi kohe olla tulu andev, vaid on pigem investeeringuks, et tagada suurem tulu teisest harvendusest. (Tullus 2014)

Üle 40-aastaste puhtmännikute täiust võib alameetodil tehtavate harvendustega vähendada kuni 60%-ni. Paremate puude võrad peaksid olema 20-25% puu pikkusest. Hunditüüpi puude väljaraiumine selles eas on hiljaks jäänud. Võib vähendada lehtpuude osatähtsust, kuid ei tohi tekitada täitmatuid häile. Üldiselt tehakse üle 40-aastastes männikutes 1-2 harvendusraiet. Harvendusraie üheks peamiseks eesmärgiks on suurendada puude jämeduskasvu. Diameetri juurdekasv kestab 25% väljaraie korral kümmekond aastat. (Tullus 2014)

Eestis võib harvendusraiet teostada kui puistu keskmine rinnasdiameeter on 8 cm või suurem. (Metsaseadus 2006). Metsa majandamise eeskirjaga (2006a) on määratud rinnaspindala alammäär peale harvendusraiet. Näiteks 20 meetri kõrguse männiku rinnaspindala ei tohi peale harvendusraiet jääda alla  $21,2 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ . Määruses sätestatud alammäär ei tähenda optimaalset täiust. 13 meetri kõrguse männiku puhul ei tohi esimese rinde rinnaspindala jääda alla  $16,8 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$  (Metsa majandamise... 2006b).

Majandusmetsa kasvatamisel kasutatakse metsas raieperioodi jooksul erinevaid metsakasvatustlike võtteid. Kõik need võtted mõjutavad puistu kasvu, struktuuri ning majandusmetsa puhul ka üht kõige olulisemat tegurit – metsa majanduslikku väärtust. Harvendusraie annab metsast varajast tulu ning aitab allesjäänud metsal paremini kasvada. Harvendusraiete sagedus ning arv sõltub metsamaa tootlikkusest ning puistu tihedusest (Karlsson jt 2015). Tavaliselt pole harvendusraie eesmärgiks raieringi jooksul võimalikult suure puidu koguse saamine, vaid lõppraiest saadavate puude tüveomadused. Eriti männi puhul, kus puu väärtus varieerub suuresti vastavalt tüve suurusele. Vastavalt harvendamise intensiivsusele ning viisile muutub ka puistu struktuur ning puude tüveomadused tulevikus. Näiteks alameetodil tehtud tugev harvendusraie suurendab lõppraiesse jõudvate puude rinnasdiameetrit olulisel määral. Tuleb ära märkida, et sellisel juhul on osaline diameetri suurenemine tingitud peenemate puude väljaraiumisest. (Rio jt 2017)

### **1.3. Hea metsamajandamise tava**

Riigimetsas planeeritavatel harvendusraietel järgib RMK lisaks metsa majandamise eeskirjale veel hea metsamajandamise tava. Valdavalt kasutatakse harvendusraiete tegemisel alameetodit, kus raiutakse välja peamiselt kasvus allajäänud puid. Sellise meetodi rakendamine aitab raiega luua kahjustustele vastupidava terve metsa. Lisaks jälgib RMK harvendusraieid tehes veel hulk muid hea metsamajandamise tava põhimõtteid. Näiteks soojadel aastaaegadel (kevad ja suvel) jäetakse raied tegemata viljakatel ja lubjarikastel muldadel. See vähendab olulisel määral juurepessu leviku ohtu. Suurtele, üle 7 ha suurustele raielankidele planeeritakse võimalusel kuni 25 meetri laiused raiest puutumata koridorid. Erosiooniohtlikes piirkondades ei teostata raiet külmumata pinnasel. Lisaks proovitakse sellistesse kohtadesse jätta võimalikult palju alustaimestikku pinnasekahjustuste vältimiseks. Avamaaga piirnevate lankide äärde jäetakse võimalusel

10-15 meetri laiune harvendamata metsaosa. Looduse mitmekesisuse kaitseks jäetakse aastaringselt voolavate allikate ümber 10-20 meetri raadiuses raieist puutumata metsaosa. (Riigimetsa hea... 2003)

Raiete teostamisel järgitakse hea metsamajanduse tavana järgmisi põhimõtteid:

- Kokkuveoteede võrgustik kujundatakse juba esimese harvendusraie käigus.
- Väljaveoteede laius on maksimaalselt 4 meetrit ning kahe väljaveotee omavaheline kaugus on minimaalselt 20 meetrit.
- Külumata pinnasega liigub traktor ainult raiejäätmetega tugevdatud kokkuveoteedel.
- Väljaveoteed rajatakse üldkasutatavate teedega võimalusel paralleelselt kui raielank asub avalikult kasutatavate teede ääres.
- Metsamaterjali ei virnastata vastu kasvavaid puid.
- Peale raiet jälgitakse, et kraavidel ja looduslikel vooluteedel ei jääks voolutõkkeid. Nende esinemisel viimased eemaldatakse. (Riigimetsa hea... 2003)

#### **1.4. Harvendusraied Põlva- ja Tartumaal**

Uuritud raielangid paiknevad Lõuna-Eestis Põlva- ja Tartumaal. 2016. aastal tehti Eestis harvendusraieid 29980 ha. Põlvamaal tehti harvendusraieid 1752 ha ning Tartumaal 1983 ha (Keskkonnaagentuur... 2017).

Põlvamaa metsade kogupindala on 111700 ha, maakonna metsasus 51,6% ja keskmine tagavara hektari kohta on  $216,9 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$  (Keskkonnaagentuur... 2017). Riigimetsade majandamisega tegelevad RMK Põlvamaa metskond ja SA Järvelja Õppe- ja katsemetskond. Erametsade majandamisega tegeleb Põlvamaa Metsaühistu (Erametsakeskus 2018a).

Tartumaa metsade kogupindala on 138700 ha, maakonna metsasus 46,3% ja keskmine tagavara on  $208,6 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$  (Keskkonnaagentuur 2017). Riigimetsade majandamisega tegelevad RMK Tartumaa metskond ja SA Järvelja Õppe- ja katsemetskond. Erametsade majandamisega aitavad metsaomanikel tegeleda Tartu Metsaomanike Selts ja Tartu Jahimeeste Metsaselts (Erametsakeskus 2018a).

2011. ja 2012. aastal tehti Põlvamaal harvendusraieid keskmiselt 936 hektaril ning Tartumaal 957 hektaril. Erinevaid raieid tehti nendes maakondades 2011. ja 2012. aastal keskmiselt 4127 hektaril. Eelmainitud aastatel oli keskmine harvendusraiete maht Tartumaal 47396 m<sup>3</sup>, mis moodustab kõikidest Tartumaal teostatud raietest 16,1% ning Põlvamaal 43582 m<sup>3</sup>, mis moodustab kõikidest Põlvamaal teostatud raietest 12,6%. Tabelis 1 on välja toodud ka raiemahud riigi- ja erametsas 2011. ja 2012. aastal, kui raiuti uuritavatel proovialadel. (Keskkonnaagentuur 2012; 2013)

**Tabel 1.** Harvendusraiete maht ja pindala ning nende osakaal kõikidest raietest vastavates maakondades 2011. ja 2012. aastal riigi- ja erametsas (Keskkonnaagentuur 2012; 2013)

	Harvendusraie				Kõik raied	
	pindala (ha)	osakaal kõikidest raietest (%)	maht (m <sup>3</sup> )	osakaal kõikidest raietest (%)	pindala (ha)	maht (m <sup>3</sup> )
<b>Põlvamaa</b>						
<b>2011</b>						
Eramets	1201	22,7	40383	9,4	5291	427927
Riigimets	637	18,8	47950	18,5	3383	258975
<b>2012</b>						
Eramets	1255	21,5	43386	10,3	5843	421162
Riigimets	651	17,1	42610	15,3	3800	278333
<b>Tartumaa</b>						
<b>2011</b>						
Eramets	884	24,4	34706	11,1	3618	312033
Riigimets	968	28,7	58904	21,4	3378	275866
<b>2012</b>						
Eramets	1177	28,1	46779	15,2	4185	308211
Riigimets	797	22,6	49193	17,3	3521	283783

## 2. MATERJAL JA METOODIKA

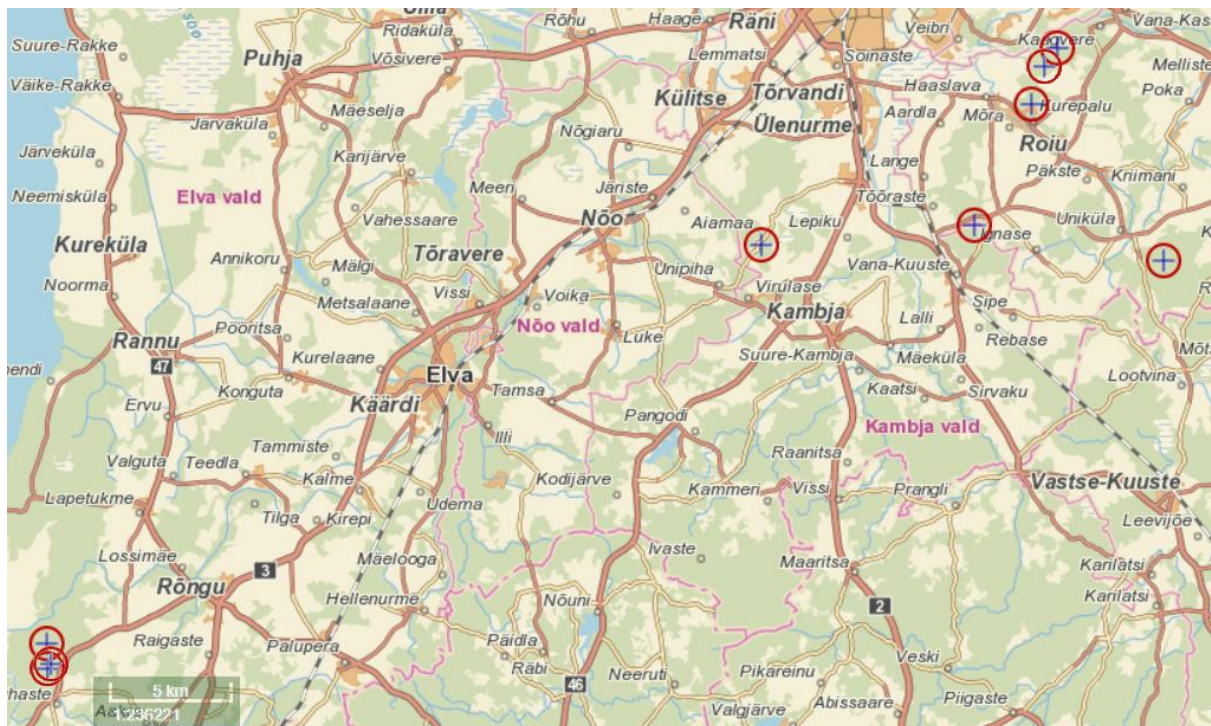
### 2.1. Riigimetsas asuvad proovialad

RMK Tartumaa metuskonna metsaülem Toomas Haas saatis autorile 6-7 aastat tagasi teostatud harvendusraiete kavad, millest autor valis juhuslikult välja 9 eraldist, millele rajas proovialad. Valitud objektideks valiti männi enamuspuuliigiga eraldised. Kasvukohatüüpidest esinevad proovialadel pohla, jänesekapsa, jänesekapsa-pohla ja jänesekapsa-mustika kasvukohad. Proovialade keskmine suurus on 0,524 ha ning kogupindala 4,719 ha. Puistute keskmine vanus raie teostamise ajal oli 60 aastat.

**Tabel 2.** Proovialade takseerandmed ning iga prooviala ühe nurga geograafilised koordinaadid

Prooviala nr.	Kvartal	Eraldis	Puistu koosseis	Kasvu-koha-tüüp	Vanus	Eraldise pindala	Prooviala pindala	Tööobjekt i aasta	Koordinadid	
									N	E
1	PS034	10	93MA7KU	JP	49	1,4602	0,5171	2012	58.12992	026.12215
2	PS038	7	100MA	JP	41	2,7229	0,5970	2012	58.12486	026.13132
3	PS041	13	95MA5KS	P	52	2,4264	0,5307	2012	58.12061	026.12197
4	KS220	27	100MA	JP	72	3,0984	0,4781	2012	58.34080	026.86508
5	KS239	3	62MA24KU14KS	JM	72	1,0021	0,6391	2012	58.33378	026.85155
6	KS243	10	75MA25KU	JM	79	0,7845	0,3968	2012	58.32026	026.84576
7	QT021	2	96MA4KU	JP	48	1,1973	0,5523	2012	58.27534	026.80083
8	QT095	2	63MA21KU17KS	J	54	2,0479	0,3928	2012	58.25833	026.93493
9	TT115	3	60MA28KU12KS	J	74	1,367	0,6151	2012	58.27119	026.64598

Tabelis 2 on välja toodud kõigi mõõdetud 9 prooviala takseerandmed ning proovialade pindalad. Lisaks on välja toodud ka iga prooviala üks nurgakoordinaat geograafiliste koordinaatide järgi ning raie tegemise aasta. Joonisel 1 on näha, et RMK aladel tehtud üheksa prooviala asuvad kõik Tartu maakonnas. Kolm prooviala Elva vallas, 2 Kambja vallas ning 4 Kastre vallas.



**Joonis 1.** Proovialade asukohad kaardil (Aluskaart: Maa-amet)

## 2.2. Erametsas asuvad proovialad

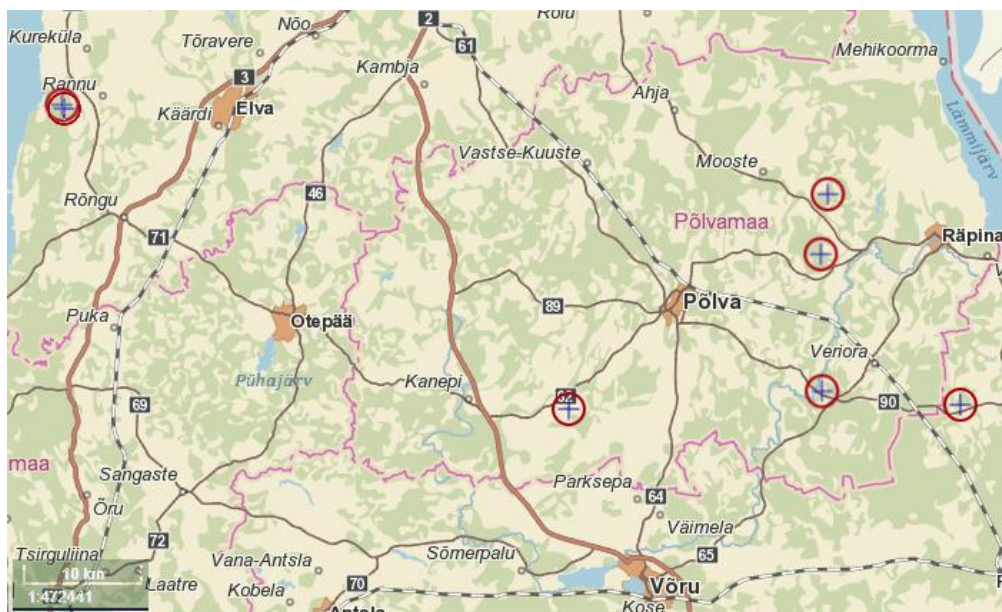
Sarnaselt riigimetsas asuvatele proovialadele valis autor eraomandis olevatelt metsamaadelt eraldised, millel 6-7 aastat tagasi on tehtud harvendusraie. Kokku tegi autor 7 prooviala. Valikus olid männi enamuspuuliigiga eraldised. Harvendusraied on kahel proovitükil tehtud 2011. aastal ning viiel proovitükil 2012. aastal. Proovitükkide kogupindala on 3,28 hektarit ning keskmine prooviala suurus on 0,47 hektarit. Keskmine puistute jooksev vanus on 65 aastat. Kasvukohatüüpidest esinevad proovialadel pohla ja jänesekapsa-pohla kasvukohatüübid. Tabelis 3 on välja toodud erametsas asuvate proovialade kasvukohatüübid, puistu koosseis, vanus raie toimumise ajal, prooviala pindala jms.



**Tabel 3.** Proovialade takseerandmed ning iga prooviala ühe nurga geograafilised koordinaadid

Prooviala nr.	Kinnistu nimi	Eraldis	Puistu koosseis	KKT	Vanus	Eraldise pindala (ha)	Prooviala pindala (ha)	Töö-objekti aasta	Koordinaadid	
									N	E
10	Indriku	2	87MA13KU	PH	49	0,6	0,3860	2012	57.97911	026.90047
11	Raudsaare	8	89MA6KU6KS	JP	41	0,6	0,4051	2012	57.98490	027.27194
12	Lagepalu	7	100MA	PH	52	1,8	0,5307	2012	57.96840	027.47742
13	Nigula 2	1	100MA	JP	72	0,5	0,3928	2012	58.23429	026.16559
14	Nigula 2	2	93MA7KS	JP	72	1,9	0,4757	2012	58.23412	026.16600
15	Undsaare	2	71MA18KS12KU	JP	79	1	0,4266	2011	58.09160	027.28156
16	Pihlaka A-169	9	70MA30KU	JP	48	1,3	0,6664	2011	58.13845	027.29668

Proovialade paiknemist kaardil võib näha joonisel 2. Proovialad asusid nii Tartu- kui ka Põlvamaal: Elva, Kanepi, Räpina, Setomaa ja Põlva vallas.



**Joonis 2.** Proovialade asukohad kaardil (Aluskaart: Maa-amet)

### 2.3. Välitööde metoodika

Mõõtmistel kasutas autor GPS seadet “Garmin GPSmap 62s”, kluppi ja relaskoopi. Proovialade mõõtmisel märkis autor riskülikukujulisel proovialal neli nurka ning märkis need punktid ka GPS-l. Eesmärgiks oli tähistada umbes 0,5 hektari suurused proovialad. Kui eraldise iseärasuse tõttu ei õnnestunud riskülikukujulist prooviala märkida, siis märkis autor proovialale viis nurka. Hiljem GPS-koordinaatide alusel arvutati Google Mapsi abiga proovialade suurused. Prooviala nurkade märkimisel märkis autor ka proovialast mõned välja jäävad puud, et vältida häiringupuude otsimisel proovialast ekslikult välja kõndimist. Seejärel alustati prooviala läbikõndimist, mille käigus märgiti kõik häiringupuud, märgistades need täpikesega tüvel, et sama puud mitu korda ei mõõdaks. Kogu proovitükk kõnniti läbi umbes 4-6-meetriste vahedega, proovides käia iga individuaalse puu juures. Igal häiringupuul mõõdeti rinnasdiameeter ning määrati häiringu tüüp. Häiringupuid hakati loendama alates 8-sentimeetrisest rinnasdiameetrist.

### 2.4. Andmete analüüs

Andmete analüüsimiseks kasutas autor statistikaprogramme R ja MS Excel. Excelis tehti kokkuvõtlik tabel kuhu sisestati kõik häiringupuud. Liigendtabeli (*Pivot Table*) abiga arvutati kõikide proovialade häiringupuude suhteline osakaal rinnaspindalast (%) ning puude arv hektari kohta. Lisaks arvutati Excelis ka standardvead ning koostati mõningate tulemuste ilmestamiseks sektordiagrammid. Tulemuste võrdlemiseks riigi- ja erametsas joonistati R-i abiga karpdiagrammid ning arvutati t-testiga erinevuste usaldatavuse tõenäosused.

### 3. TULEMUSED

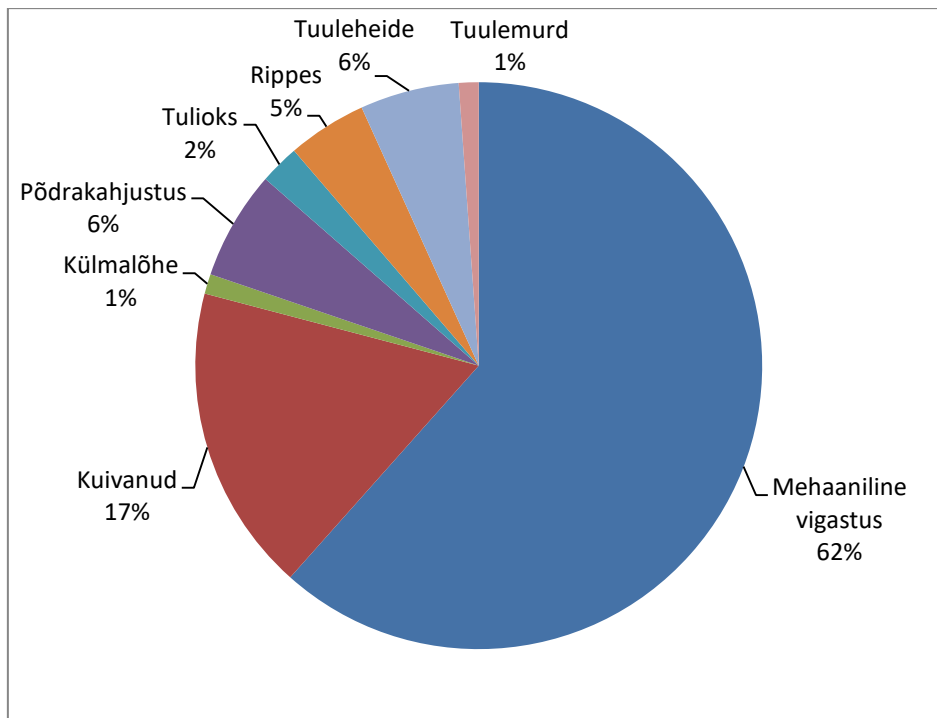
#### 3.1. Häiringupuud riigimetsas

Kokku leidis autor üheksalt proovialalt 177 häiringupuud. Proovialade kogupindala on 4,719 hektarit, seega oli keskmiselt 37 häiringupuud hektari kohta. Keskmise prooviala pindala oli 0,524 hektarit ning keskmiselt leidis autor igalt proovialalt 20 häiringupuud.

**Tabel 4.** Riigimetsa proovialadelt leitud häiringupuude koguarv puu kahjustuse või seisundi järgi

Puu kahjustus või seisund	Mänd	Kuusk	Kokku	Osakaal (%)
Kuivanud	17	14	31	17,51
Tuuleheide	3	7	10	5,65
Tuulemurd	2	0	2	1,13
<b>Surnud puud kokku</b>	<b>22</b>	<b>21</b>	<b>43</b>	<b>24,29</b>
Mehaaniline vigastus	52	57	109	61,58
Külmalõhe	2	0	2	1,13
Põdrakahjustus	0	11	11	6,21
Tulioks	4	0	4	2,26
Rippes	8	0	8	4,52
<b>Kahjustatud puud kokku</b>	<b>66</b>	<b>68</b>	<b>134</b>	<b>75,71</b>
<b>Kokku</b>	<b>88</b>	<b>89</b>	<b>177</b>	<b>100,00</b>

Tabelist 4 võib näha, et proovialadel jagunesid mändide ja kuuskede häiringupuud arvuliselt enam-vähem võrdselt. Suurem erinevus on põdrakahjustuse osas, mida mändidel ei leidunud. Häiringupuud moodustasid 6,51% puistu rinnaspindalast.

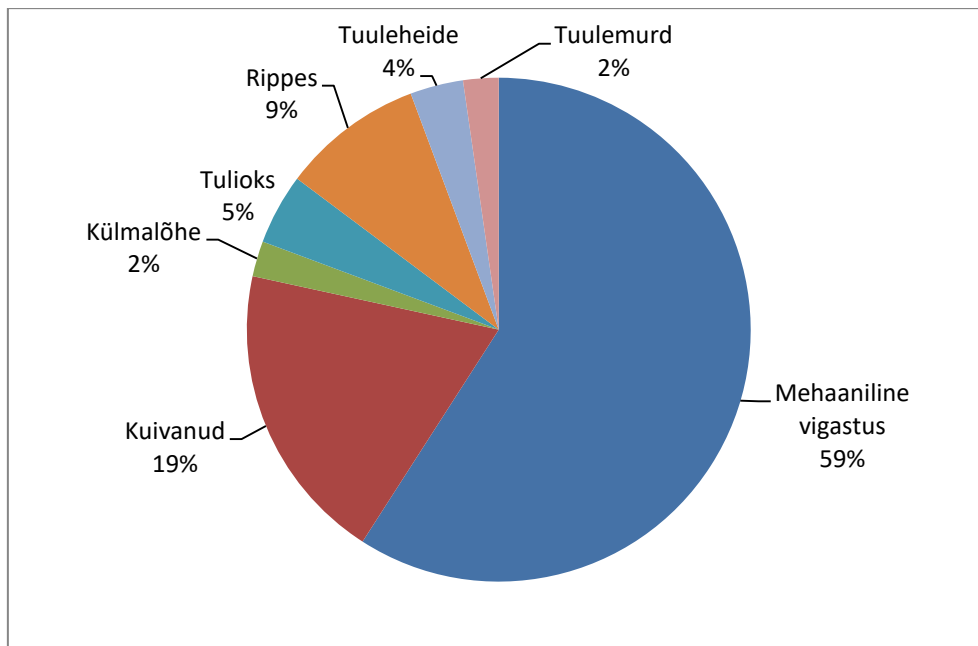


**Joonis 3.** Häiringupuude suhteline jagunemine kahjustuse või seisundi järgi riigimetsa proovialadel

Joonisel 3 on näha, et kõigist häiringupuudest moodustasid mehaanilise vigastusega puud 62%. 17% häiringupuudest olid kuivanud ning ülejäänud kategooriad moodustasid kokku 21%.

### 3.1.1. Männi häiringupuud

Joonisel 4 on välja toodud mändide häiringupuude jagunemine kahjustuse või seisundi järgi. Mändide puhul leidis autor kõige enam mehaanilisi vigastusi. Vigastuste ilme järgi võib eeldada, et need on tekkinud harvendusraie käigus puude langetamisest elava puu peale või on kokkuveo käigus forvarderiga puid riivatud. Näide viimasest on joonisel 5. Häiringupuudest oli 9% rippes teiste puude peal.



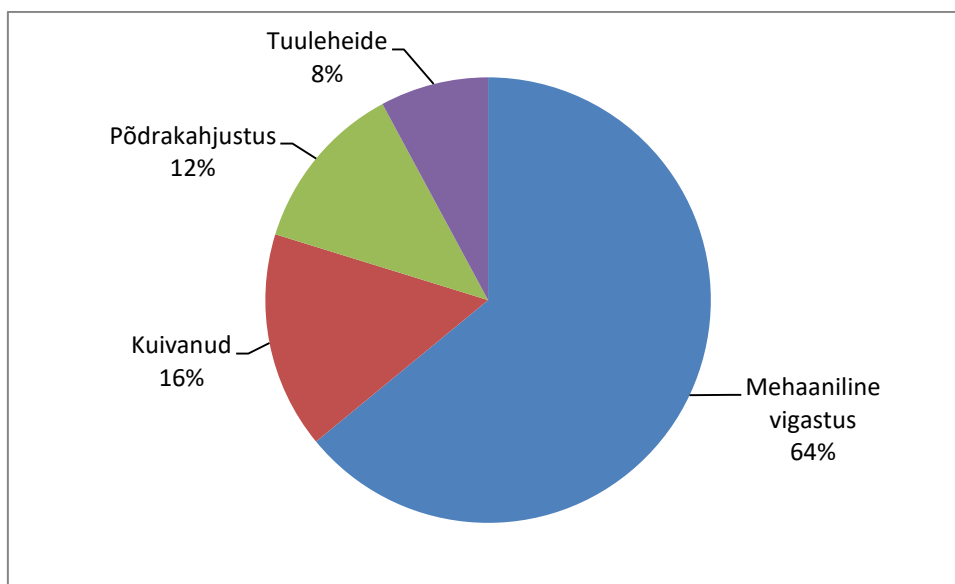
**Joonis 4.** Mäni häiringupuude jagunemine kahjustuse või seisundi järgi riigimetsas



**Joonis 5.** Masinaga on kokkuveo või raietöö käigus riivatud kokkuveotee ääres olevat puud (autori foto)

### 3.1.2. Kuuse häiringupuud

Kuuse häiringupuud jagunevad männiga sarnaselt. Joonisel 6 võib näha, et kõige suurema osa moodustavad mehaanilised vigastused. Ka kuivanud puude osakaal on sarnane, erinevus tuleb põdrakahjustuse osakaalus. Mändidel põdrakahjustusi ei esinenud, küll olid aga mõned eraldised, kus esines palju põdrakahjustust teise rinde kuuskedel. Kokku moodustas põdrakahjustus 12% kõigist häiringupuudest.



**Joonis 6.** Kuuse häiringupuude jagunemine kahjustuse või seisundi järgi riigimetsas

### 3.2. Häiringupuud erametsas

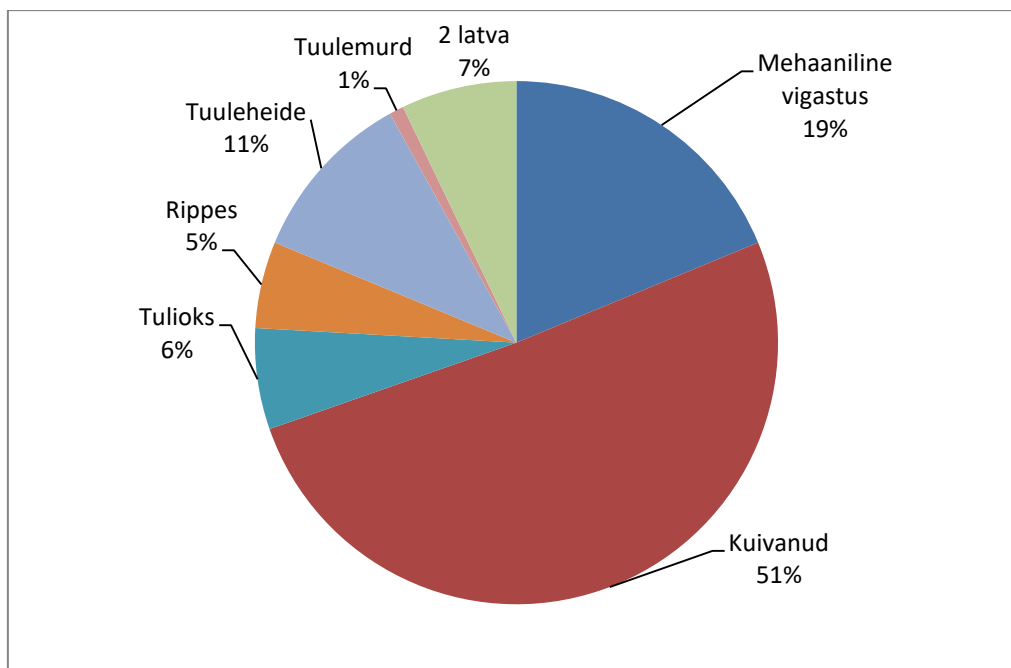
Erametsas asuvatelt seitsmel proovialal tuvastas autor 173 häiringupuud. Tabel 5 näitab, et männi häiringupuid esines 112 ja kuuse häiringupuid 61. Keskmine prooviala suurus oli 0,47 ha ning keskmine häiringupuude arv hektari kohta oli 55.

**Tabel 5.** Erametsa proovialadelt leitud häiringupuude koguarv puu kahjustuse või seisundi järgi

<b>Puu kahjustus või seisund</b>	<b>Mänd</b>	<b>Kuusk</b>	<b>Kokku</b>	<b>Osakaal (%)</b>
Kuivanud puu	57	10	67	38,73
Tuuleheide	12	8	20	11,56
Tuulemurd	1	0	1	0,58
<b>Surnud puud kokku</b>	<b>70</b>	<b>18</b>	<b>88</b>	<b>50,87</b>
Mehaaniline vigastus	21	27	48	27,75
Põdrak	0	15	15	8,67
Tulioks	7	0	7	4,05
Rippes	6	1	7	4,05
2 latva	8	0	8	4,62
<b>Kuivanud puud kokku</b>	<b>42</b>	<b>43</b>	<b>85</b>	<b>49,13</b>
<b>Kokku</b>	<b>112</b>	<b>61</b>	<b>173</b>	<b>100,00</b>

#### 3.2.1. Männi häiringupuud

Kokku leidis autor 112 männi häiringupuud, millest surnud puid oli 70. 51% leitud häiringupuudest olid jala peal kuivanud. Mõnel juhul on kuivamise põhjuseks eelnenud mehaaniline vigastus, kuid enamikul juhtudel on puu kuivamise põhjus ebaselge. 19% häiringupuudest olid erinevate mehaaniliste vigastustega. Joonisel 7 võib näha männi kahjustuste jagunemist kahjustuse tüübi järgi. Autor eristas veel kaheladvalisust ning tulioksi.

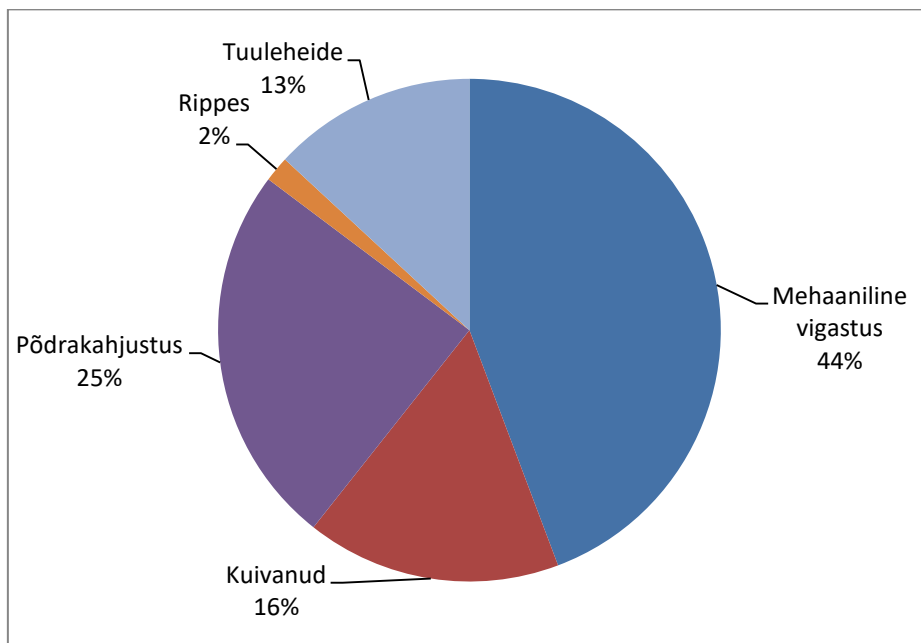


**Joonis 7.** Mäni häiringupuude jagunemine kahjustuse või seisundi järgi erametsas



### 3.2.2. Kuuse häiringupuud

Erametsas asuvatelt proovialadelt leidis autor 61 kuuse häiringupuud. Joonis 8 näitab, et mehaanilise vigastusega puid oli neist 44%. Kuigi põdrakahjustusega puid leidis autor vaid ühelt proovialalt, siis moodustavad need 25% erametsast leitud häiringupuudest. Proovialade suurusi arvestades on antud proovialadel keskmiselt 2,18 häiringuga kuuske ha<sup>-1</sup>. Häiringutega kuused moodustasid keskmiselt 3,39±1,64 % rinnaspindalast.



**Joonis 8.** Kuuse häiringupuude jagunemine kahjustuse või seisundi järgi erametsas

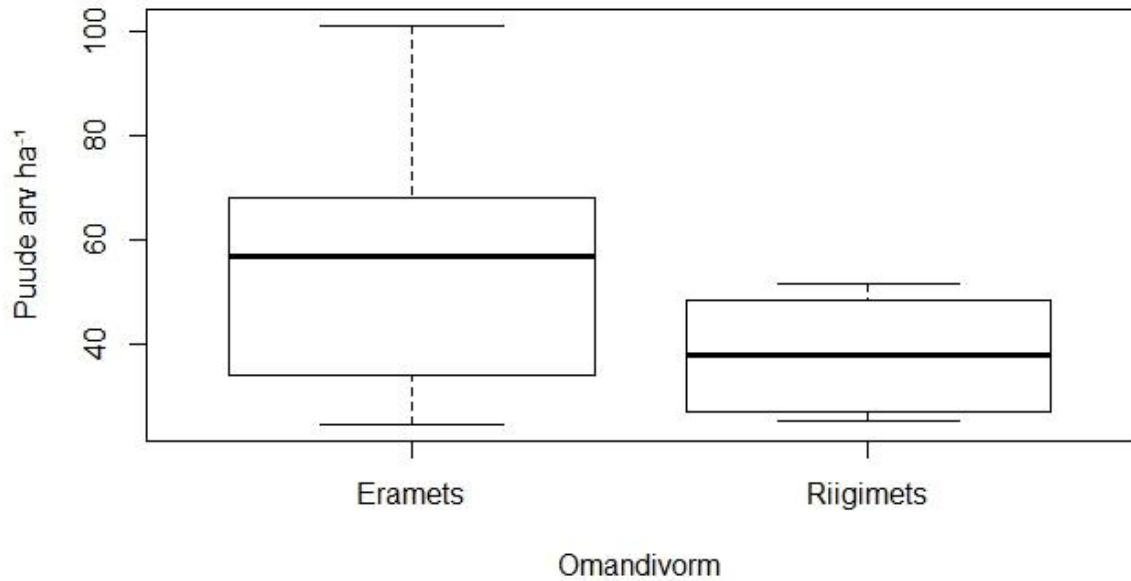
### 3.3. Häiringupuude võrdlus erametsas ja riigimetsas.

Kokku leidis autor üheksal riigimetsas asunud proovialal ning seitsmel erametsas asunud proovialal 350 häiringupuud. Proovialade pindalade summa on 8,002 ha. häiringupuude hulka vigastuse või seisundi järgi riigi- ja erametsas näitab tabel 6.

**Tabel 6.** Kõikidelt proovialadelt leitud kahjustatud puude arv puuliigiti

Puu kahjustus või seisund	Kuusk			Mänd			Kokku
	Eramets	Riigimets	Kokku	Eramets	Riigimets	Kokku	
2 latva	0	0	0	8	0	8	<b>8</b>
Kuivanud	10	14	24	57	17	74	<b>98</b>
Külmalõhe	0	0	0	0	2	2	<b>2</b>
Tuuleheide	8	7	15	12	3	15	<b>30</b>
Mehaaniline vigastus	27	57	84	21	52	73	<b>157</b>
Tuulemurd	0	0	0	1	2	3	<b>3</b>
Põdrakahjustus	15	11	26	0	0	0	<b>26</b>
Rippes	1	0	1	6	8	14	<b>15</b>
Tulioks	0	0	0	7	4	11	<b>11</b>
<b>Kokku</b>	<b>61</b>	<b>89</b>	<b>150</b>	<b>112</b>	<b>88</b>	<b>200</b>	<b>350</b>

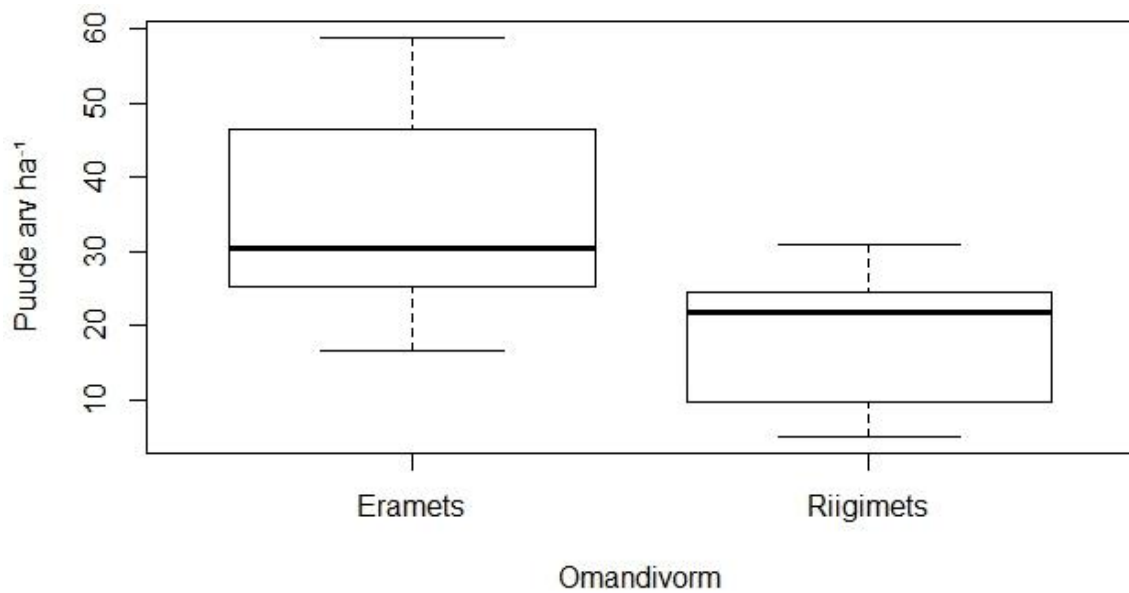
Riigimetsas leidis autor keskmiselt  $37,40 \pm 3,72$  häiringupuud  $\text{ha}^{-1}$  ning erametsas  $55,23 \pm 10,32$  häiringupuud  $\text{ha}^{-1}$ . Keskmiste erinevust ei õnnestunud 95% usaldatavuse juures statistiliselt tõestada ( $P=0,145$ ). Kõigi proovialade keskmine oli  $45,20 \pm 5,29$  puud  $\text{ha}^{-1}$ . Häiringupuude arv hektari kohta riigi- ja erametsas on karpdiagrammina esitatud joonisel 9.



**Joonis 9.** Häiringupuude koguarv hektari kohta riigi- ja erametsas

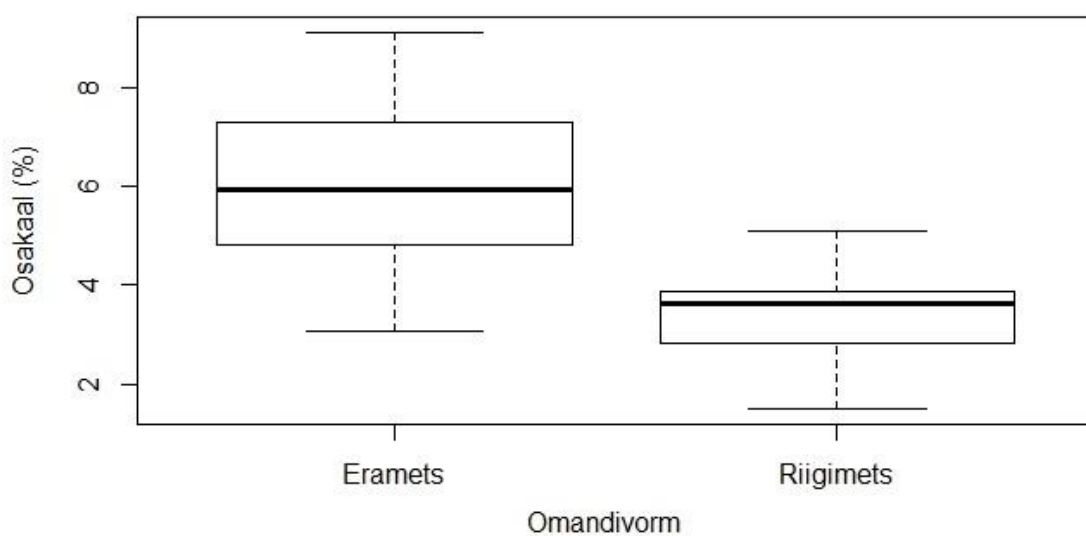
### 3.3.1. Mäni häiringupuud

Häiringutega mände oli riigimetsas keskmiselt  $18,69 \pm 2,90$  puud  $\text{ha}^{-1}$  ning erametsas  $35,61 \pm 6,17$  puud  $\text{ha}^{-1}$ . Keskmiste erinevus on 95% tõenäosusega usaldatav ( $p=0,036$ ). Keskmiselt oli kõigi proovialade peale  $26,09 \pm 3,73$  mändi  $\text{ha}^{-1}$ . Joonisel 10 on karpdiagrammiga illustreeritud häiringutega mändide arv hektari kohta riigi- ja erametsas.



**Joonis 10.** Mäni häiringupuude arv hektari kohta riigi- ja erametsas

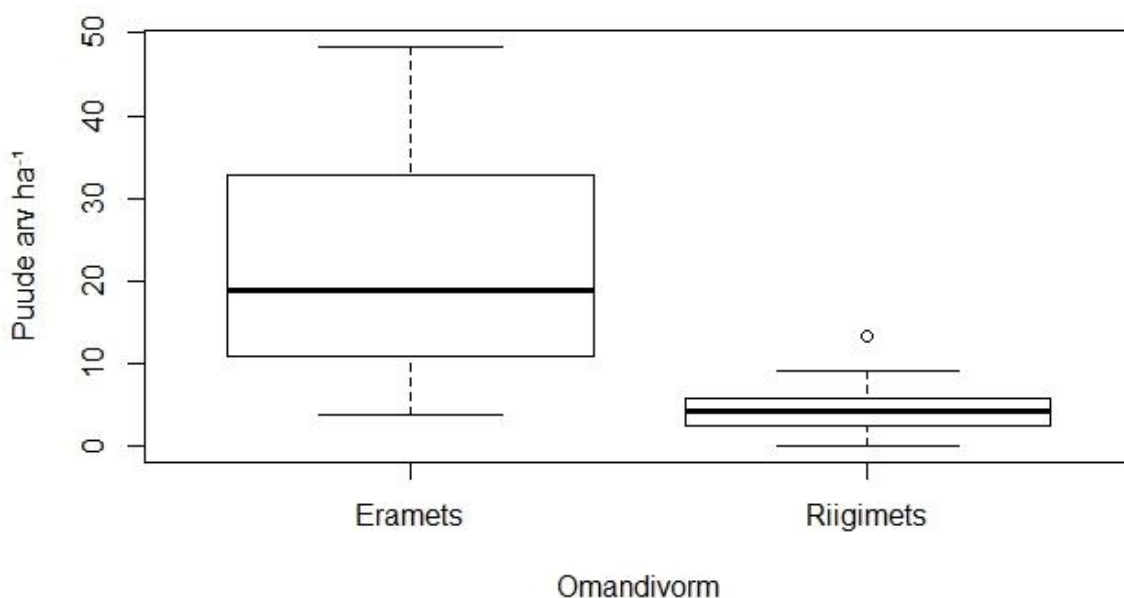
Suhtelise rinnaspindala protsendi järgi on riigi- ja erametsas mäni häiringupuude vahekord üsna sarnane. Riigimetsas oli neid keskmiselt  $3,47 \pm 0,35$  %, erametsas  $6,04 \pm 0,81$  % rinnaspindalast. Keskmiste erinevus on 95% tõenäosusega usaldatav ( $p = 0,019$ ). Kõigi proovialade keskmiseks tuli  $4,60 \pm 0,51$  % rinnaspindalast. Kahjustatud/surnud mändide jaotumist karpdiagrammina riigi- ja erametsas näitab joonis 11.



**Joonis 11.** Mäni häiringupuude suhteline osatähtsus rinnaspindalast (%) riigi- ja erametsas

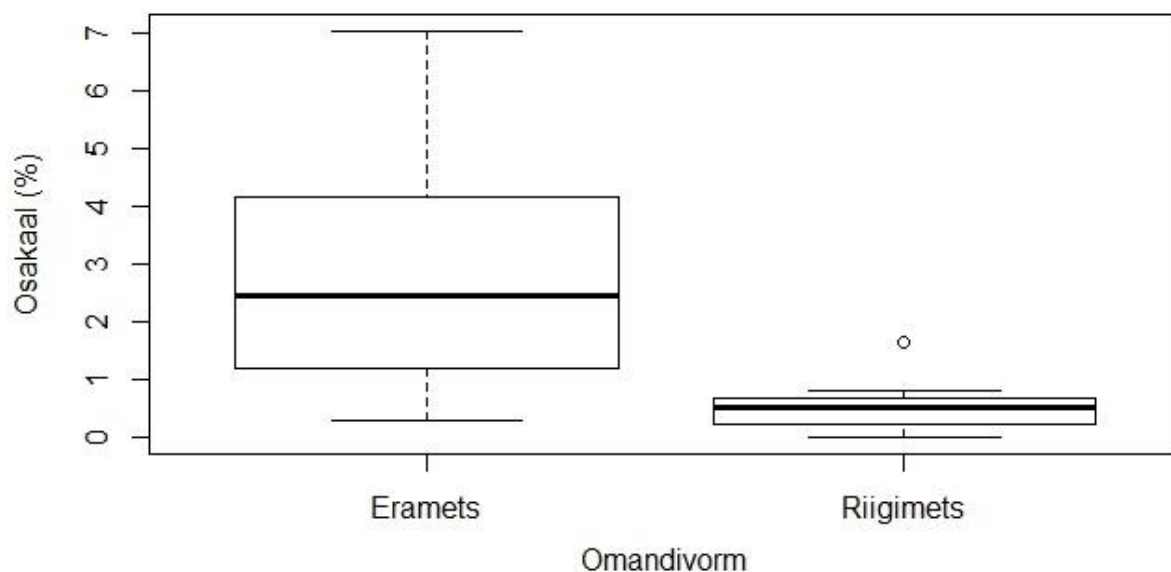
### 3.3.2. Surnud mändide osakaal

Surnud mändide alla liigituvad jalal kuivanud, lamavad ning murdunud männid. Kokku leidis autor riigi- ja erametsast 92 surnud mändi. 70 puud üheksalt riigimetsas asuvalt proovialalt pealt ning 22 seitsmelt erametsas asuvalt proovialalt. Keskmiselt leidis autor kõikidelt proovialadelt  $12,59 \pm 3,49$  mändi  $\text{ha}^{-1}$ . Riigimetsast  $4,80 \pm 1,41$  mändi  $\text{ha}^{-1}$  ning erametsast  $22,61 \pm 6,04$  mändi  $\text{ha}^{-1}$ . Keskmiste erinevus on 95% tõenäosusega usaldatav ( $p=0,025$ ). Surnud mändide arv hektari kohta riigi- ja erametsas on esitatud joonisel 12.



**Joonis 12.** Surnud mändide arv hektari kohta riigi- ja erametsas

Riigi- ja erametsas kokku on viis aastat peale harvendusraiet surnud mände keskmiselt  $1,58 \pm 0,50$  % rinnaspindalast. Erametsas on see  $2,94 \pm 0,90$  % ning riigimetsas  $0,53 \pm 0,17$  % rinnaspindalast. Erinevus riigi- ja erametsas on 95% tõenäosusega olemas ( $p=0,037$ ). Surnud mändide osa puistu rinnaspindalast riigi- ja erametsas näeb joonisel 13.



**Joonis 13.** Surnud mändide suhteline protsent rinnaspindalast riigi- ja erametsas

### 3.3.3. Kahjustatud mändide osakaal

Kahjustatud elusate mändide hulk riigi ja erametsas on suhtelise rinnaspindala protsendi järgi üsna võrdne. Riigimetsas on see vastavalt  $2,94 \pm 0,4$  0% ning erametsas  $3,11 \pm 0,71$  % rinnaspindalast. Riigi- ja erametsa keskmine kokku on  $3,06 \pm 0,39$  % rinnaspindalast. Keskmete erinevus ei ole usaldatavalt erinev ( $p=0,839$ ).

### 3.3.4. Kuuskede häiringupuud

Kuuse häiringupuud moodustasid riigi- ja erametsas kokku  $3,19 \pm 0,90$ % rinnaspindalast. Riigimetsas moodustasid kuuse häiringupuud  $3,04 \pm 1,06$ % ning erametsas  $3,39 \pm 1,64$ % rinnaspindalast. Erinevust riigi- ja erametsas ei õnnestunud statistiliselt tõestada.

Kuuse häiringupuude arv hektari kohta on riigi- ja erametsas kokku keskmiselt  $19,11 \pm 5,30$  puud  $\text{ha}^{-1}$ . Riigimetsas  $18,71 \pm 5,44$  ja erametsas  $19,62 \pm 10,47$  puud  $\text{ha}^{-1}$ . Erinevus riigi- ja erametsa vahel ei ole 95% tõenäosusega tõestatav.

### **3.3.5. Surnud kuuskede osakaal riigi- ja erametsas**

Keskmine surnud kuuskede arv kõikide proovialade peale oli  $5,55 \pm 2,69$  puud  $\text{ha}^{-1}$ . Riigimetsas  $4,83 \pm 2,04$  ning erametsas  $6,47 \pm 5,84$  puud  $\text{ha}^{-1}$ . Erinevust riigi- ja erametsas ei õnnestunud tõestada. Suhtelise protsendi järgi on keskmine surnud kuuskede osakaal rinnaspindalast  $0,65 \pm 0,37\%$ . Riigimetsas vastavalt  $0,49 \pm 0,21\%$  ning erametsas  $0,86 \pm 0,83\%$ . Suhtelise rinnaspindala protsendi keskmiste erinevus ei ole 95% tõenäosusega tõestatav.

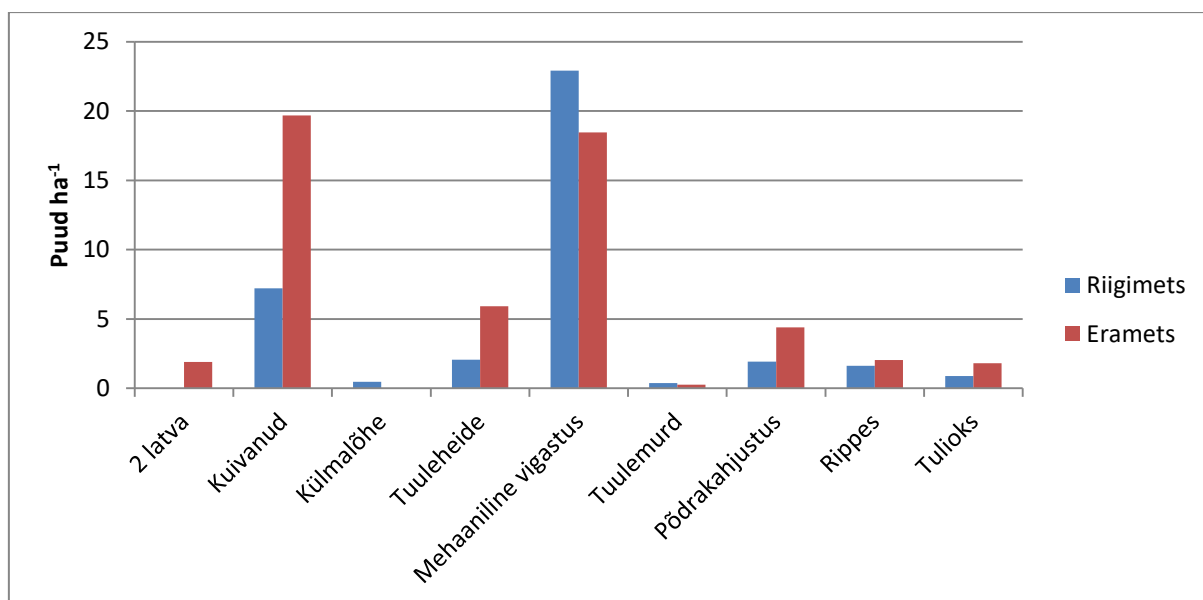
### **3.3.6. Kahjustatud kuuskede osakaal riigi- ja erametsas**

Kahjustatud elusate kuuskede arv hektari kohta on nii riigi- kui ka erametsas üsna võrdne. Riigimetsa proovialadelt leidis autor keskmiselt  $13,88 \pm 5,20$  ning erametsas  $13,15 \pm 7,13$  puud  $\text{ha}^{-1}$ . Proovialade üldine keskmine on  $13,56 \pm 4,13$  kahjustatud puud  $\text{ha}^{-1}$ . Erinevus riigi- ja erametsa vahel sisuliselt puudub.

Suhtelise protsendi järgi rinnaspindalast on proovialade keskmine kahjustatud kuuskede osakaal  $2,55 \pm 0,76\%$ . Riigimetsas on vastav näitaja  $2,56 \pm 1,01\%$  ning erametsas  $2,53 \pm 1,26\%$ . Ka suhtelise protsendi järgi erinevus riigi- ja erametsas sisuliselt puudub.

### 3.4. Häiringupuude jaotumine seisundi või kahjustuse järgi

Kõikide proovialade peale leidis autor kokku 350 häiringupuud, mis teeb keskmiselt hektari kohta  $45,20 \pm 5,29$  häiringupuud. Kõige rohkem esines mehaanilist vigastust, mis moodustas suhtelise rinnaspindala protsendi järgi arvestades 54% kõikidest vigastustest. Lisaks mehaanilisele vigastusele oli märkimisväärselt suur veel kuivanud (11%), lamavate (9%) ning põdrakahjustusega puude (6%) osakaal. Vigastatud puude arvu hektari kohta vigastuse liigiti võib näha jooniselt 14.



**Joonis 14.** Kahjustatud puude arv hektari kohta seisundi või kahjustuse järgi riigi- ja erametsas

Mehaanilise vigastusega puid oli proovialadel kokku 157. Riigimetsas oli keskmiselt 22,91 mehaanilise vigastusega puud ha<sup>-1</sup>, erametsas 18,45 puud ha<sup>-1</sup>. Kõigi proovialade keskmine oli 19,26 puud ha<sup>-1</sup>. Mehaanilise vigastusega puud moodustasid kõikide proovialade peale 3,93% rinnaspindalast. Võrreldes teiste vigastuste tüüpidega on mehaanilise vigastusega puud jämedamad. Keskmine mehaanilise vigastusega puu rinnasdiameeter oli 23,09 cm, samas näiteks kuivanud puude keskmine diameeter oli 14,78 cm.

Põdrakahjustust esines vaid kahe prooviala kuuskedel. Ühel proovialal oli 15 ja teisel 11 kahjustust. Proovialade suurust arvestades tuli vastavalt 35,16 ja 17,21 puud ha<sup>-1</sup>



moodustades neil proovialadel kokku 4,35% rinnaspindalast. Kui arvestada kõiki proovialasid, siis on põdrakahjustuse osakaal 0,54% rinnaspindalast. Põdrakahjustusega puude keskmine rinnasdiameeter oli 18,81 cm.

Külmalõhega puid leidis autor vaid 2, mis mõlemad asusid ühel proovialal riigimetsas. Nende kahe puu keskmine rinnasdiameeter oli 36,5 cm. Külmalõhega puud moodustasid keskmiselt 1% kõikidest leitud vigastustest. Valgusnõudlikud puuliigid (sh harilik mänd) on ka külmakindlamad, sest nad on rohkem kohanenud lageda ala tingimustega (Laas 2011b)

Kokku leidis autor 16 proovialalt 98 kuivanud puud, mis moodustasid 19% kõikidest vigastustest ning 1,45% rinnaspindalast. Erametsas oli kahel proovialal silmapaistvalt suur kuivanud puude osakaal, kus kuivanud puud moodustasid 4,24% ja 3,83% rinnaspindalast. Kõikide proovialade keskmine oli 1,45%.

Tuulemurdu esines vaid kahel proovialal. Märkimisväärne on see, et need kaks prooviala, kus tuulemurd esines, ei külgne raiesmiku ega lagendikuga. Keskmine rinnasdiameeter tuule poolt murtud puudel oli 16 cm ning tuulemurd moodustas 1% kõikidest kahjustustest.

Tuuleheidet leidis autor kokku 30 puud. 10 tuuleheidetud puud riigimetsast ning 20 erametsast. Keskmiselt on proovialade peale  $4,11 \pm 1,45$  tuuleheite puud  $\text{ha}^{-1}$  riigimetsas  $2,05 \pm 1,02$  ning erametsas  $6,76 \pm 2,86$  tuuleheite puud  $\text{ha}^{-1}$ . Tuuleheide moodustas keskmiselt 9% kõikidest leitud vigastustest. Tuule poolt heidetud puudest 15 olid kuused ning 15 männid.

Tulioksi leidis autor 11 puul. Tulioksaga puu keskmine diameeter oli 28 cm. Tulioksaga puid oli kokku keskmiselt  $1,39 \pm 0,55$  puud  $\text{ha}^{-1}$  ning need moodustasid kokku  $0,41 \pm 0,17$  % puistute rinnaspindalast. Tulioksaga puud moodustasid 3% kõikidest kahjustustest.

Rippes puid leidis autor kaheksalt proovialalt kokku 15 puud. Keskmine rippes puude diameeter oli 16,84 cm ning need moodustasid  $0,21 \pm 0,08$  % puistute rinnaspindalast. Rippes puud moodustasid 4% kõikidest kahjustustest.

## 4. ARUTELU

Eestis tehakse männikutes metsakasvatuseks harvendusraieid pigem vähem kui vaja. Üheks põhjuseks võivad olla harvendusraietega kaasnevad riskid. Männikutes on sellisteks riskideks teatud osa puude mehaaniline vigastamine, puude kuivamine, tuuleheite sagenemine või muude kahjustuste levitamine. Teiseks põhjuseks võib olla majanduslik tasuvus. Nõrga raiekraadiga harvenduse puhul on majanduslik tasuvus sageli olematu. Kolmandaks, harvendusraiete puhul ei nähta nende kaugemaleulatuvat positiivset mõju uuendusraiesse jõudva puistu kvaliteedi näol.

Tehtud harvendusraiete kvaliteeti on vaja hinnata. Koheselt peale raie toimumist ei ole näha puude reaktsiooni raie käigus muutunud kasvutingimustele ja võimalikke varjatud kahjustusi. Harvendusraiete mõju puude kasvule ning varjatud vigastused avalduvad alles mõned aastad peale raie. Tavapärane praktika harvendusraie järgselt on metsamajandaja huvi puudumine eraldise vastu järgmise 5-10 aasta jooksul. Sageli uuendatakse harvendusraie järgselt eraldise takseerandmeid alles 10 või rohkem aastat peale raie.

Valgustusraie järgselt kasvab puistus tavaliselt 2000-6000 puud hektari kohta. Küpses eas puistusse mahub aga 400-600 puud hektari peale. Kui harvendusraied jätta tegemata, siis toimub nn. looduslik harvendus, kus osa puid lihtsalt kuivab ja sureb toitainete ja valguse puudujäägi tõttu (Erametsakeskus 2018b). Harvendusraie annab võimaluse „valida“, millised puud jäävad lõppraie eaks ellu ning millised puud koristatakse metsast varem ära. Ideoloogiliselt võiks harvendusraie järgselt olla puude suremus puistus nullilähedane.

Antud uurimustöös leidis autor, et kõigi proovialade peale oli surnud puude osakaal 2,31% rinnaspindalast ning keskmiselt teeb see 9,07 puud ha<sup>-1</sup>. Kahjustusega elusaid puid leiti proovialade peale keskmiselt 13,53 puud ha<sup>-1</sup>, mis moodustas keskmiselt 5,56% rinnaspindalast.

Rootsis tehtud uuringus (Elfving 2010) selgus, et mõõdukalt harvendatud puistutes sureb aastas rinnaspindala järgi keskmiselt 0,28% puudest. Selle numbri järgi peaks teoreetiliselt 6 aastat tagasi tehtud harvendusraie alal olema surnud puude osakaal 1,68% rinnaspindalast. Surnud puude osakaal suureneb puistu tiheduse suurenemise ja kasvukoha viljakuse paranemisega.

Kõige suurem osa leitud kahjustustest olid puude mehaanilised vigastused, mis moodustasid 45% kõikidest häiringupuudest. Mehaaniliste vigastustega puud moodustasid kõikide proovialade peale keskmiselt  $3,93 \pm 0,76\%$  puistu rinnaspindalast. Lisaks mehaanilistele vigastustele oli märkimisväärne ka kuivanud puude hulk, mis moodustas 19% kõikidest leitud häiringupuudest.

Harvendusraie negatiivseks tagajärjeks võib olla lamapuidu hulga vähenemine, tormiheite sagenemine ning puude mehaaniline kahjustamine 2-5% ulatuses (Laas 2011a). Eestis tehakse suur osa harvendusraieid harvesteriga. Masinraie puhul on raie käigus kõrvalolevate puude kahjustamise oht suurem kui käsitsi raiumisel. Lisaks langetatavatele puudele võib kasvama jäävatele puudele tekitada mehaanilisi kahjustusi harvester ise või selle nool. See ka selgitab mehaaniliste vigastuse rohkust harvendusraie järgsel eraldisel. Paljud puud ei suuda nendest vigastustest paraneda ning kuivavad. Lisaks tüvede vigastamisele vigastab harvesteriga metsas liikumine ka puude juuri. Mõnel juhul on juurte vigastused niivõrd tõsised, et puu kuivab.

## KOKKUVÕTE

Harvendusraiate eesmärgiks on männikute kujundamine, et saavutada kindel liigiline koosseis, vanus ja kvaliteet. Tulemuseks on puistu jämeduskasvu suurenemine, sanitaarse seisundi paranemine, rikkalikum alusmets ning parem liikumise võimalus. Hooldusraietega võivad kaasneda ka kasvama jäetud puude vigastamine, alustaimestiku tihenemine, juurepessu oht ning valede hooldusraie võtete kasutamise korral isegi tormiheite suurenemine ning laasumise aeglustumine. Sageli tehakse harvendusraiet sanitaarraie põhimõttel, raiudes välja surnud ning tüvekahjustustega puud

Autor valis proovialadeks eraldised nii riigi- kui erametsas, kus harvendusraie on teostatud 6-7 aastat tagasi eesmärgiga näha, milline on puistu sanitaarne seis mõned aastad peale harvendusraiet. Võib väita, et seis on rahuldav, kuna proovialadelt leiti keskmiselt 43,75 häiringupuud hektari kohta. Kokku leidis autor 16 proovialalt (kogupindalaga 8,0 ha) 350 häiringupuud, mis moodustasid 7,79% puistute rinnaspindalast – erametsas 9,43% ning riigimetsas 6,51%. Peamised puude häiringud olid kuivamine või mehaanilised vigastused, mis oli tekitatud raie või väljavedamise käigus.

Mehaanilise vigastusega puud moodustasid 45% kõikidest vigastustest, kuivanud puud 28%, tuuleheide 9% ning põdrakahjustusega puud 7%. Rippes, tulioksaga, külmalõhega ja kaheladvalised puud ning tuulemurd, moodustasid kokku 11% leitud kahjustustest. Autor jaotas häiringupuud surnud ja kahjustatud puudeks. Surnud puude alla kuuluvad kuivanud puud, tuuleheide ja tuulemurd. Kahjustatud puude alla kuuluvad mehaanilise vigastusega, põdrakahjustusega, tulioksaga, rippes, külmalõhega ning kaheladvalised puud. Surnud puud moodustasid 37% kõikidest häiringupuudest ning kahjustusega elusad puud ülejäänud 63%.

Riigi- ja erametsas männikute harvendusraielanke võrreldes tulid 95% tõenäosusega usaldatavad erinevused männi häiringupuude suhtelises protsendis rinnaspindalast (riigimetsas 3,47% ja erametsas 6,04%) ning männi häiringupuude arvus hektari kohta (riigimetsas 18,69 puud ha<sup>-1</sup> ja erametsas 35,61 puud ha<sup>-1</sup>). Teine oluline erinevus riigi ja erametsa vahel oli surnud mändide suhteline protsent rinnaspindalast (riigimetsas 0,53% ning erametsas 2,94%) ning surnud mändide arv ha<sup>-1</sup> (riigimetsas 4,80 puud ha<sup>-1</sup> ja erametsas 22,61 puud ha<sup>-1</sup>). Kahjustatud mändide erinevus riigi- ja erametsa vahel on väga

väike. Suhteline kahjustatud mändide osatähtsus on riigimetsas 2,94% ning erametsas 3,11%. Kuuse häiringupuude osatähtsus rinnaspindalast on riigi- ja erametsas üsna võrdne. Riigimetsas on see 3,19% ning erametsas 3,04% rinnaspindalast. Surnud kuuskede arv oli riigimetsas keskmiselt 4,83 ning erametsas 6,47 puud ha<sup>-1</sup>.

## KASUTATUD KIRJANDUS

1. **Bergh, J., Nilsson, U., Allen, H.L., Johansson, U., Fahlvik, N.** (2014). Long-term responses of Scots pine and Norway spruce stands in Sweden to repeated fertilization and thinning. – *Forest Ecology and Management*. Vol. 320, pp. 118-128
2. **Bravo-Oviedo, A., Ruiz-Peinado, R., Modrego, P., Alonso, R., Montero, G.** (2015). Forest thinning impact on carbon stock and soil condition in Southern European populations of *P.sylvestris* L. – *Forest Ecology and Management*. Vol. 357, pp. 259-267
3. **Drenkhan, R.** (2014). Männiga seotud haigused ja okastiku uuringud. – Mänd Eestis/Koost. M. Kurm. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus, lk 457-476
4. **Elfving, B.** (2010). Natural mortality in thinning and fertilisation experiments with pine and spruce in Sweden. – *Forest Ecology and Management*. Vol. 260, pp. 353-360
5. Erametsakeskus (2018a). Metsaühistud ja nõustamine. [www.eramets.ee] <http://www.eramets.ee/metsauhistute-kontaktid//> (10.05.2018)
6. Erametsakeskus (2018b). Harvendusraied. [www.eramets.ee] <http://www.eramets.ee/harvendusraied//> (22.05.2018)
7. **Karlsson, L., Nyström, K., Bergström, D., Bergsten, U.** (2015). Development of Scots pine stands after first biomass thinning with implications on management profitability over rotation. – *Scandinavian Journal of Forest Research*. Vol. 30, pp. 416-428
8. Keskkonnaagentuur (2012). Aastaraamat Mets 2011. [http://www.keskkonnaagentuur.ee/sites/default/files/mets2016\\_08.09.pdf](http://www.keskkonnaagentuur.ee/sites/default/files/mets2016_08.09.pdf) (26.03.2018)
9. Keskkonnaagentuur (2013). Ülevaade 2012. aasta raietest. <http://www.keskkonnaagentuur.ee/failid/raie.pdf> (26.03.2018)
10. Keskkonnaagentuur (2016). Eesti metsavarud 2016. aastal riikliku metsainventeerimise alusel. (2016). <http://www.keskkonnaagentuur.ee/et/eesti-metsavarud-2016-aastal-riikliku-metsainventeerimise-alusel> (26.03.2018)

11. Keskkonnaagentuur (2017) Aastaraamat Mets 2016.  
[http://www.keskkonnaagentuur.ee/sites/default/files/mets2016\\_08.09.pdf](http://www.keskkonnaagentuur.ee/sites/default/files/mets2016_08.09.pdf)  
 26.03.2018)
12. **Laas, E.** (2011a). Raied metsa kasvatamisel. – Metsamajanduse alused/ E. Laas. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus, lk 485-531
13. **Laas, E.** (2011b). Mets ja temperatuur – Metsamajanduse alused/ E. Laas. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus, lk 97-102
14. Metsa majandamise eeskiri (2016a). (vastu võetud 27.12.2006). – *Riigi Teataja*  
<https://www.riigiteataja.ee/akt/12771900/> (26.03.2018)
15. Metsa majandamise eeskiri. Lisa 1 (2016b). (vastu võetud 27.12.2006). – Riigi Teataja. [https://www.riigiteataja.ee/akt/lisa/1260/2201/4013/KKM\\_m4\\_lisa.pdf#](https://www.riigiteataja.ee/akt/lisa/1260/2201/4013/KKM_m4_lisa.pdf#)  
 (26.03.2018)
16. Metsaseadus (2006). (vastu võetud 07.06.2006, jõustunud 01.07.2007). – Riigi Teataja. <https://www.riigiteataja.ee/akt/MS> (26.03.2018)
17. **Mäkinen, H., Isomäki, A.** (2004). Thinning intensity growth of Scots pine stands in Finland. – *Forest Ecology and Management*. Vol. 201, pp. 311-325
18. **Randveer, T.** (2014). Mänd ja ulukid. – Mänd Eestis/Koost. M. Kurm. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus, lk 479-501
19. Riigimetsa hea metsamajanduse tava (2003). Tallinn: Riigimetsa Majandamise Keskus. [www.rm.k.ee]  
<https://www.rm.k.ee/files/Riigimetsa%20hea%20metsamajanduse%20tava.doc>  
 (26.03.2018)
20. **Rio, M., Bravo-Oviedo, A., Pretzsch, H., Löf, M., Ruiz-Peinado, R.** (2017). A review of thinning effects on Scots pine stands: from growth and yield to new challenges under global change. – *Forest Systems*. Vol. 26 No.2, pp. 1-19
21. **Sibul, I.** (2014). Männi üldisloomustus. – Mänd Eestis/Koost. M. Kurm. Tartu: Vali Press OÜ, lk 18-55
22. **Tullus, H.** (2014). Hooldus- ja turberaied männikutes. – Mänd Eestis/Koost. M. Kurm. Tartu: Vali Press OÜ, lk, 190-208
23. **Uri, V.** (2011). Õhu koostis ja mets. – Metsamajanduse alused/ E. Laas. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus, lk 107-111
24. **Voolma, K.** (2014) Putukad männil ja männimetsas. – Mänd Eestis/Koost. M. Kurm. Tartu: Vali Press OÜ, lk, 379-45

**Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks (avaldamise tähtajatu piirang) ning juhendaja(te) kinnitus töö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, Kaspar Luik, sünniaeg 05.07.1992,

- 1) annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö „Harvendusraiega mõjutatud männikute seisundi hindamine riigi- ja erametsas“, mille juhendaja on Henn Korjus, salvestamiseks säilitamise eesmärgil, sh digitaalarhiivis DSpace säilitamise eesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
- 2) olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
- 3) kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor Kaspar Luik

Tartu, \_\_\_\_\_

(kuupäev)

---

---

**Juhendaja kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta.**

Luban lõputöö kaitsmisele.

---

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)